

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Hornicko-geologická fakulta**

Institut ekonomiky a systémů řízení

**Alternativní paliva v automobilech  
( The Automobiles with Alternative Fuels )**

**Bakalářská práce**

**Autor:**

Vítězslav Švec

**Vedoucí bakalářské práce:**

Ing. Igor Černý, Ph.D.

**Most 2009**

## ***Prohlášení***

- *Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

***V Mostě dne 5. 4. 2009***

***Vítězslav Švec***

## **Poděkování**

Zde bych chtěl poděkovat panu Ing. Igoru Černému, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za všestranné připomínky a podporu při tvorbě této práce.

Děkuji také své manželce Petře za její lásku a trpělivost, kterou mi po celý čas studia a psaní této práce věnovala.

## **ANOTACE**

Práce se zabývá alternativními palivy a srovnává je s palivy klasickými jako je benzin a motorová nafta. Popisuje historii paliv a motorů od nich odvozených. Cílem práce je porovnání investičních a provozních nákladů vybraných alternativních paliv s palivy klasickými. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých paliv. V první části práce jsou popsány jednotlivá paliva a ve druhé pak následné porovnání nákladů spojených s provozem vybraných paliv. Po prostudování této práce by měli být případní zájemci o úsporný a ekologický pohon svého automobilu schopni se v této problematice orientovat.

**Klíčová slova:** palivo, benzin, nafta, LPG, CNG, LNG

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with alternative fuels and compares them with fossil fuels such as petrol and oil. There is also history of fuels and related engines. The main aim of the thesis is to draw a comparison between investment and running costs of some alternative fuels and fossil fuels. There are advantages and disadvantages of particular fuels. One part of thesis describes particular fuels and the other part compares costs connected to using of some fuels. After studying this bachelor thesis prospective interested people ought to be acquainted with the issue of economic and ecological car running.

**Keywords:** fuel, petrol, diesel, LPG, CNG, LNG

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>HISTORIE PALIV .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Historie vývoje motorů .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Parní stroj .....	3
2.1.2	Benzinové motory .....	4
2.1.3	Naftové motory .....	5
2.1.4	LPG .....	5
<b>3</b>	<b>KLASICKÁ MOTOROVÁ PALIVA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Zpracování ropy .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Automobilový benzin .....</b>	<b>6</b>
3.2.1	Druhy benzinů .....	7
3.2.2	Spalování benzinu .....	7
<b>3.3</b>	<b>Motorová nafta .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ALTERNATIVNÍ PALIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Plynová paliva.....</b>	<b>11</b>
4.1.1	LPG (propan-butan) .....	12
4.1.2	Zemní plyn CNG a LNG.....	12
<b>4.2</b>	<b>Biopaliva.....</b>	<b>14</b>
4.2.1	Bionafta 1. a 2 generace, MEŘO .....	15
4.2.2	Bioetanol (ethylalkohol).....	16
4.2.3	Biometanol .....	17
<b>4.3</b>	<b>Vodík .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>Elektrická vozidla.....</b>	<b>19</b>
<b>4.5</b>	<b>Hybridní pohon .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>POROVNÁNÍ INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ VYBRANÝCH ALTERNATIVNÍCH PALIV S PALIVY KLASICKÝMI.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1</b>	<b>Porovnání investičních nákladů při nákupu vozidla .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2</b>	<b>Výpočet provozních nákladů a návratnosti investic .....</b>	<b>22</b>
<b>5.3</b>	<b>Vliv vybraných alternativních paliv na životní prostředí, jejich výhody a nevýhody .....</b>	<b>24</b>
<b>5.4</b>	<b>Předpokládaný vývoj využití alternativních paliv .....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>26</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>28</b>

# 1 Úvod

Tato práce se zabývá problematikou klasických a alternativních motorových paliv. Jejím hlavním cílem je porovnání investičních a provozních nákladů vybraných alternativních paliv s palivy klasickými. Mezi dílčí cíle patří základní seznámení čtenáře s historií v oblasti vývoje paliv a motorů, dále pak se základními výrobními postupy vybraných paliv, jejich vlastnostmi, výhodami a nevýhodami použití a jejich vlivem na životní prostředí. Čtenář by se měl především dozvědět, které palivo je ekonomicky nejvýhodnější a na základě nabitých vědomostí, by se měl v této problematice celkově lépe orientovat.

První část práce je věnována popisu problematiky a historii paliv. Zdrojem teoretických znalostí motorových paliv je množství uvedených literárních zdrojů a internet. Druhá část práce je samotné porovnání investičních a provozních nákladů použití těchto paliv.

První kapitola popisuje historii paliv a motory pracující s těmito palivy. Podrobně rozebírá vývoj motorů, od nejstaršího parního stroje až po benzinové a naftové motory. Jsou zde zmíněni také konstruktéři, kteří do vývoje motorů zasáhli nejvíce.

Druhá kapitola je věnována klasickým motorovým palivům. Sem patří automobilový benzin a motorová nafta. Je zde stručně popsáno zpracování ropy, výroba benzínu a nafty, třídění benzinů, hlavní požadavky na vlastnosti benzínu a nafty. Rozebírá se zde optimální frakční složení těchto dvou paliv, které se stanovuje na základě destilačních křivek.

Třetí kapitola se zabývá alternativními palivy, ty jsou zde rozděleny do čtyř základních skupin na plynová paliva (LPG, CNG a LNG), biopaliva (bionafta, bioetanol a biometanol), vodík a elektřinu. Je zde popsána výroba jednotlivých paliv, jejich základní vlastnosti, výhody a nevýhody spojené s použitím ve vozidlech. V podkapitole elektrická vozidla jsou stručně popsány nejpoužívanější elektromotory a jejich vlastnosti. Zmíněny jsou zde také hybridní pohony, jejich základní dělení, princip činnosti a výrobci, kteří tyto pohony montují do sériově vyráběných automobilů.

Čtvrtá poslední kapitola má za úkol porovnat investiční a provozní náklady vybraných paliv. Pro porovnání byl vybrán model automobilu Fiat s různými variantami pohonu. Výpočtem jsou pak dále zjištěny potřebné hodnoty nutné k porovnání.

Závěr je zhodnocením výsledků této práce.

## 2 Historie paliv

Člověk je tvor, který si již od svého počátku snaží zjednodušit svou práci. Z historie víme, že využíval různých tažných zvířat, systémů kladek a jiných mechanismů, které měly práci ulehčit. K výraznému obratu dochází v Anglii v 19. století s rozvojem průmyslové revoluce, zde byl jako první zaveden do výroby parní stroj. Lidé tyto stroje z počátku sabotovali, protože díky nim přicházeli o svou práci, vzhledem k tomu, že byly výkonnější. Časem se vše obrátilo a dnes si život bez strojů nedovedeme představit.

Po mnoho let se vědci snažili sestrojít stroj, který by pracoval bez přísunu energie (perpetuum mobile), ale bohužel nikdo nebyl úspěšný. Dnes, díky vyspělosti vědy víme, že je nemožné sestrojít stroj, který koná práci bez spotřeby nějaké energie – paliva.

**Za palivo** lze označit chemickou látku, chemický prvek nebo jejich směs, která je schopna za určitých podmínek začít a udržet chemickou reakci spalování. Při spalování je uvolněna chemická energie, ta se z větší části přeměňuje na tepelnou energii, která se dále využívá. Každé palivo má své specifické chemické a fyzikální vlastnosti, mezi nejdůležitější patří výhřevnost, zápalnost, těkavost, rychlost hoření, bod samovznícení (zápalu). Vzhledem ke skupenství dělíme paliva na :

**pevná** – např. dřevo, uhlí, koks, brikety

**plynná** – např. vodík, svítiplyn, zemní plyn

**kapalná** – např. benzín, motorová nafta, benzen, alkoholy, mazut

Dřevo patřilo mezi nejrozšířenější palivo od nejstarších dob až do počátku průmyslové revoluce, v této revoluční době však přestává stačit požadavkům na výhřevnost a dostupnost v dostatečném množství. Je postupně nahrazováno fosilními palivy, které vznikly v minulosti přeměnou odumřelých rostlin a těl živočichů. Od 19. století se začínají používat i jiná paliva, nejčastěji destiláty ropy a zemní plyn, který se většinou vyskytuje u ložisek ropy. Vývoj paliv úzce souvisí s vývojem motorů a probíhá více než 100 let ve stále bližší spolupráci konstruktérů motorů a palivových chemiků.

### 2.1 Historie vývoje motorů

Tato kapitola se zabývá historií základních typů motorů (strojů). Je zde zjednodušeně popsán jejich vývoj co se týče konstrukce a paliva se kterými pracovaly. Jsou zde také zmíněni konstruktéři, kteří se na jejich vývoji podíleli největší měrou.

### 2.1.1 Parní stroj

Vývoj parního stroje trval více než 100 let a podíleli se na něm 3 vynálezci z Velké Británie.

Thomas Savery (1650 – 1715, anglický vynálezce) poprvé použil páru k čerpání vody z dolů, do té doby se k tomuto účelu používalo zvířat, což bylo nákladné a pomalé. A tak tento vojenský inženýr začal přemýšlet, jak by vše zrychlil a zjednodušil. Výsledkem jeho práce je patent z roku 1698 s názvem „stroj k čerpání vody ohněm“, užitečnou práci zde vykonávala pára, ale nelze zde prozatím mluvit o stroji, spíše o zařízení či přístroji, protože nemělo žádné pohyblivé části. Funkce Saveryho čerpadla byla jednoduchá, jednalo se o kovovou nádobu, do které se přívodním potrubím přivedla pára, po uzavření přívodního ventilu páry byla tato nádoba ochlazená studenou vodou, pára uvnitř zkondenzovala a jelikož změnila svůj objem došlo ke vzniku vakua. Následně byl otevřen sací ventil a došlo k nasátí vody do nádoby. Dalším krokem bylo otevření výtlačného ventilu a otevření přívodního ventilu páry, která vodu vytlačila do nádrže. Celý tento cyklus se stále opakoval.

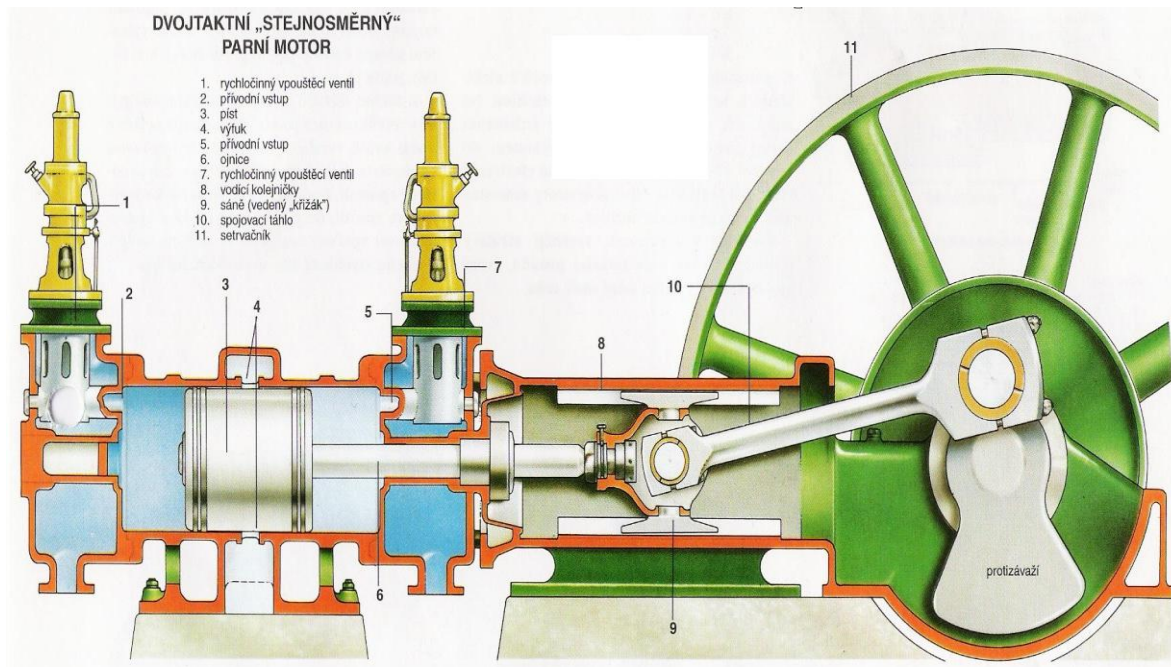
Thomas Newcomen (24.2.1664 – 5.8.1729, anglický kovář a vynálezce) Saveryho čerpadlo vylepšil a postavil stroj, kde již pára pohybovala pístem. Tlakovou nádobu nahradil válcem, který byl nahoře “uzavřen” pístem. Pod píst byla přivedena pára a píst posunula vzhůru, pak se pod píst pustila voda, pára zkondenzovala a vzniklo vakuum, píst pak opět sjel dolů vlivem působení atmosférického tlaku nad pístem. Následně se celý cyklus opakoval. Čerpadlo zde bylo připojeno k dvouramenné páce, ta byla kyvně připevněna k pístnici, která byla spojena s pístem. Jednalo se o tzv. jednočinný atmosférický parní stroj, protože pára zde tlačila na píst pouze z jedné strany.

Nejdůležitější změny provedl James Watt (19.1.1736 – 19.8.1819, skotský vynálezce a fyzik), ten vylepšoval Newcomenův parní stroj od roku 1765 a v roce 1769 si nechal patentovat samostatný kondenzátor. To hodně urychlilo práci čerpadla, protože k ochlazování páry nedocházelo ve válci, ale přímo v samostatném kondenzátoru, který se mohl trvale ochlazovat. Watt se snažil celý stroj nadále vylepšovat a v letech 1781-1784 patentoval dvojčinný parní stroj a převod přímočarého pohybu na rotační. Děj dvojčinného parního stroje obr. 1 začíná vpuštěním páry z jedné strany pístu, pak se přívod uzavře, píst vykoná pohyb a poté odchází pára výfukem pryč, přičemž se následně to samé opakuje z druhé strany pístu. Převod posuvného pohybu pístu na otáčivý je zajištěn prostřednictvím ojnice a klikového hřídele, ten je spojen se



setrvačníkem, který zajišťuje plynulý pohyb. Toto zdokonalení stroje pak zásadně ovlivnilo možnosti jeho nasazení v praxi.

Obr. 1: Dvoudobý „dvojtaktní“ parní motor



Zdroj: Marshall Cavendish ČR: Svět poznání. Věda a technika. Praha: Grafické závody, 1998, s. 43.  
ISSN 1211-9369

## 2.1.2 Benzinové motory

Kolem roku 1870 byl sestrojen první benzinový motor, který mohl spalovat jak benzin, tak plyn. Princip tohoto motoru spočíval v mísení benzinových par nebo plynu se vzduchem a následně byla tato směs zapálena jiskrou, motory založené na tomto principu fungují dodnes. Koncem 19. století byl vyroben první automobil na benzin, vozidla s benzinovými motory brzy začala nahrazovat automobily na parní a plynový pohon.

Počátkem 20. století se začala používat směs benzinu a lihu, např. pod názvem Sprit v Německu. Již několik let na to, se začaly benziny rozlišovat dle kvality, vyšší kvalitativní třídy se značily jako Premium a Super. Byly to směsi aromatických uhlovodíků s benzinem, později se začaly používat olovnaté sloučeniny, které zvyšují oktanové číslo. Aby motor v zimě dobře startoval a v létě nedocházelo k tvorbě parních polštářů, začala být upravována těkavost. Vzhledem k novým rafinérským technologiím, které umožňovaly vyrábět vysokooktanové benziny, bylo možné zvyšovat kompresní poměr motorů a tím dosáhnout zvýšení energetické účinnosti.

Od sedmdesátých let byl vývoj kvality benzínu ovlivňován ekologickými tlaky a později byla kvalita upravena legislativou tak, aby byl omezen obsah škodlivin vypouštěných do ovzduší. Prvním krokem byla regulace obsahu olova a dále pak přidávání kyslíkatých sloučenin. Byly zavedeny bezolovnaté benziny pro nová vozidla vybavená katalytickými konvertory. Po roce 2000 bylo zakázáno používání olovnatých benzínů a nahradily je tzv. reformulované benziny, které mají takové složení, že minimálně zatěžují životní prostředí.

### **2.1.3 Naftové motory**

V roce 1892 předvedl Rudolph Diesel (18.3.1858 – 30.9.1913, německý vynálezce) svůj první motor spalující ropný destilát ..., po dlouhém experimentování s uhelným prachem, který měl být původně jeho palivem. V roce 1908 se již jako palivo ustálily plynové oleje a v roce 1925 byly Diesellovy motory zabudovány do nákladních vozidel. Do osobních až v roce 1936, a to už bylo palivo pro tyto motory z hlediska požadavků na kvalitu dobře specifikováno a vyráběno jako motorová nafta.“ [1]

Podobně jako u benzínu, začal v sedmdesátých letech tlak na ekologizaci motorové nafty. Bylo nutné zmenšit obsah síry, čímž došlo ke snížení emisí oxidů síry a také se snižovala kouřivost motorů. Kolem roku 1992 se objevila tzv. švédská nafta, jejíž formulace City 1 obsahovala řádově tisíckrát méně síry než dřívější nafty a jen 10% aromatických uhlovodíků.

### **2.1.4 LPG**

Nejvýraznější postavou je Nicolaus August Otto (14.6.1832 – 26.1.1891, německý vynálezce), ten se zabýval zdokonalováním plynového motoru a v roce 1864 otevřel první továrnu na výrobu plynových stacionárních motorů. Na základě nich se pak vyvinuly moderní spalovací motory pro automobily.

Plyn jako palivo bylo poprvé ve větším rozsahu zavedeno ve třicátých letech v Německu, mělo vyrovnat deficit benzínu. Plyny byly vyráběny nově zavedenými hydrogenačními a hydrokrakovacími procesy. Nová vlna vzestupu následovala v polovině padesátých let, po válce začal fungovat německý chemický průmysl a hydrogenační a štěpné procesy se začaly zavádět i v jiných zemích. Vývoj v různých zemích byl nerovnoměrný, například v roce 1995 bylo s pohonem LPG v Holandsku 8,7% vozidel, v Itálii 4,4%, ve Francii 0,1%, v USA 0,4%, v Japonsku 0,7% a v Jižní Koreji 7,6%. Použití se odvíjelo od dostupnosti, ceny a klimatických podmínek.

### 3 Klasická motorová paliva

Většina motorových paliv je složena hlavní měrou z uhlíku a vodíku. Při jejich hoření s kyslíkem dochází k uvolňování tepelné energie, která je následně přeměněna na energii mechanickou. Ve spotřebě stále převládají a pravděpodobně ještě delší dobu budou dvě klasická motorová paliva – automobilový benzin a motorová nafta. Tato paliva se vyrábí výhradně z ropy, ale pro jejich výrobu může být použit i zemní plyn, bohužel technologii na výrobu procesem MTG má jen několik rafinérií na světě a výroba je tak nákladná, že se od ní pomalu upouští.

#### 3.1 Zpracování ropy

Technologii zpracování popisuje V. Matějovský tak, že „začíná destilací, kterou se získají užší frakce s požadovaným rozmezím varu. Šířka frakce se reguluje jednak tak, aby spadala do destilačního rozmezí konečného výrobku a jednak, aby vyhovovala požadavkům následujícího rafinačního procesu. ....Základní dělení ropy na užší frakce se provádí ve dvou stupních, na destilační koloně pracující při přibližně atmosférickém tlaku a následně na další koloně, pracující při sníženém tlaku (za vakua). Frakce motorových paliv vycházejí z atmosférické destilace, vakuová destilace produkuje olejové frakce. Z hlavy atmosférické kolony vycházejí plyny (butany) a lehký benzin, z horních pater těžký benzin, ze středních a dolních petrolejová frakce a plynový olej. Zbytek je mazut ..... Frakce z ropy určené pro výrobu motorových paliv obsahují kromě uhlovodíků menší či větší množství sirných sloučenin, lehké frakce méně, těžší více..... Síra obsažená v palivových frakcích ve formě sirných sloučenin se odstraňuje hydrorafinačními procesy, jejichž podstatou je převedení sirné sloučeniny na uhlovodík a sirovodík, který se dá z palivové frakce dokonale odstranit.“ [1]

#### 3.2 Automobilový benzin

Vyrábí se frakční destilací ropy a obsahuje převážně směsi kapalných uhlovodíků, zejména alkanů, cykloalkanů, aromatických uhlovodíků a alkenů s 5 až 12 atomy uhlíku na molekulu. Může obsahovat přísady kyslíkatých látek (zvýšení oxidačního čísla), detergenty (čistí palivový systém), antidetonační složky, protikoroziční složky a další.

**Základní požadavky** - dobrá odpařivost při nízkých teplotách, nesmí obsahovat těžší frakční podíly, minimální obsah síry, nesmí obsahovat pryskyřice, dlouhodobá stabilita.

### 3.2.1 Druhy benzinů

Olovnaté benziny se vyráběly od roku 1920. Od osmdesátých let, po rozpoznání škodlivosti olova, bylo olovo postupně nahrazováno jiným aditivem a v roce 2001 bylo přidávání olova z ekologických důvodů úplně zastaveno. Tímto rokem skončila éra olovnatých benzinů.

Bezolovnaté benziny jsou vyráběné zejména pro moderní typy zážehových motorů, které mají katalyzátor a řídicí lambda sondu. Je zakázáno je používat ve vozidlech, které pracují v uzavřených prostorech, jsou určeny především pro silniční vozidla. Do obchodní sítě jsou dodávány benziny BA-91 Special, BA-91 Normal a BA-95 Natural. Benziny podléhají normě ČSN EN 228.

**BA-91 Special** je náhrada olovnatého benzínu Special 91. Jelikož se jedná o bezolovnatý benzin pro provoz starších typů motorů s netvrzenými ventilovými sedly, obsahuje aditiva proti nadměrnému opotřebení ventilů. Používá se především do vozidel, které požadují nižší oktanové číslo.

**BA-91 Normal** je bezolovnatý benzin pro osobní automobily s motory s nižší kompresí. Po přidání aditiv, které jsou v nabídce každé čerpací stanice, lze tento benzin použít jako náhradu BA-91 Special.

**BA-95 Natural** je nejpoužívanější bezolovnatý benzin s oktanovým číslem 95. Je možno ho použít do všech vozidel s novějšími motory ať už s katalyzátorem či bez. Tento typ benzínu v současnosti využívá většina vozidel.

### 3.2.2 Spalování benzínu

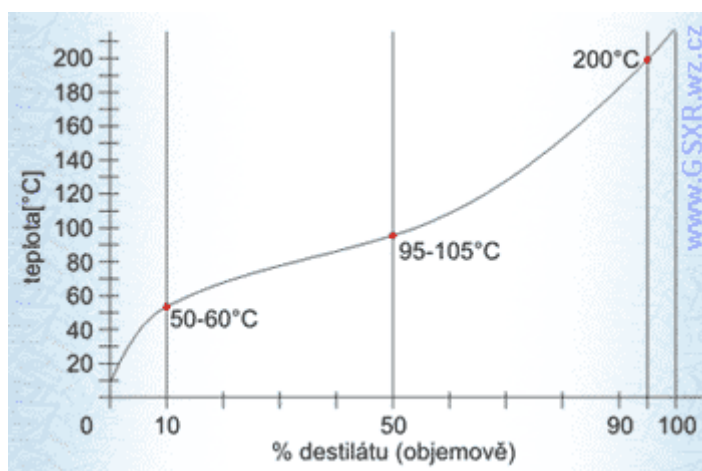
Zažehnutí směsi paliva se vzduchem elektrickou jiskrou, je možné pouze v případě, že se v okolí elektrod zapalovací svíčky nachází vhodná směs par paliva a vzduchu. Požadovaný stechiometrický poměr u zážehového motoru je schopno zajistit pouze elektronické vstřikování benzínu, které pracuje na základě signálů z lambda sondy. Příliš bohatou směs paliva, stejně jako chudou směs není možno zapálit. Správný poměr směsi mezi elektrodami je velmi obtížné zajistit při startu studeného motoru. Obtížnost startu výrazně ovlivňuje obsah nízkovroucích frakcí. Po rozběhu motoru se kapičky benzínu vlivem ohřátí motoru a jeho částí snadněji odpařují, výsledkem je směs optimálních parametrů. Je prokázáno, že se odpaří i uhlovodíky s bodem varu okolo 200°C. Tyto frakce s vyšším bodem varu se odpaří až ve válci

motoru, což je důležité pro chlazení stěn válce i dna pístu, přičemž se zvyšuje množství dopraveného vzduchu a tedy objemová účinnost motoru.

„Z uvedeného je tedy zřejmé, že benziny musí obsahovat frakce lehce odpařitelné, zabezpečující startovatelnost motoru, a nesmí obsahovat frakce s bodem varu nad 200°C, které by se neodpařily a mohly by ředit olejovou náplň motoru. ...Podíl paliva, který se odpařuje do 70°C, by měl být na jedné straně tak velký, aby motor bezpečně naskočil i při studeném startu v zimě, na druhé straně, aby nevzniklo nebezpečí tvorby parových polštářů když je motor horký.“ [2]

Požadované frakční složení benzinu lze zjistit destilační zkouškou, výsledkem je tzv. **destilační křivka** viz. obr. 2. Z obrázku je patrné, že se určují tři významné body a to 10% bod (teplota kdy se odpaří 10% objemu), který ukazuje nejnižší možnou teplotu startu. Dalším bodem je 50%, jeho hodnota ovlivňuje akceleraci (nižší hodnota-živější motor) a rychlost ohřevu motoru. 95% bod by neměl překročit 200°C. Vysoká teplota odparnosti způsobuje, že se do spalovacího prostoru (zvláště při studeném motoru) dostává palivo v kapalném stavu a smývá olejový film ze stěn válců.

Obr. 2: Destilační křivka motorového benzinu



Zdroj: Dostupné na WWW: <<http://www.gsxr.wz.cz/benzin.htm>>

**Oktanové číslo (charakterizuje antidetonační vlastnosti)** vyjadřuje míru odolnosti paliva proti detonačnímu hoření, které je charakterizováno místním vzplanutím části směsi paliva se vzduchem a má charakter detonace.

### 3.3 Motorová nafta

Je směs ropných kapalných uhlovodíků vroucích v rozmezí 160 až 370°C. Vyrábí se míšením petroleje s těžším plynovým olejem. Pro zlepšení užitných vlastností může

obsahovat přísady, jako jsou depresanty, detergenty, inhibitory koroze, přísady proti pění atd. Používá se jako palivo pro dieselové motory a některé typy turbín.

Princip dieselového motoru spočívá v tom, že palivo je vstřikováno do stlačeného horkého vzduchu a následně musí proběhnout radikálové reakce, které vedou k rychlému nárůstu teploty a vznícení směsi. Aby motor správně pracoval, je důležitá prodleva, během níž dojde k ohřátí rozprášených kapiček paliva, jeho částečnému odpaření a dále k chemickým reakcím s kyslíkem. Tato prodleva závisí na chemickém složení paliva a **cetanovém čísle**, které charakterizuje schopnost paliva samovolně se zapalovat, dále pak přispívá ke snadné startovatelnosti a chodu motoru. Použití paliva s nevhodným cetanovým číslem pro daný motor, vede ke špatnému spalování, nerovnoměrnému zatížení a následkem je zvýšené opotřebení motoru. Pokud je cetanové číslo nižší než 35, motory těžko startují a ve výfukových plynech se zvyšuje obsah sazí. Cetanové číslo nemá takový význam jako oktanové. Obvykle se hodnotí cetanový index na základě výpočtu jeho hodnoty z 10, 50 a 90% bodů destilační křivky.

**Viskozita paliva** má vliv na rozprášení, vznícení a čistotu hoření. Její hodnota by se při 40°C měla pohybovat v rozmezí 1,2 - 6 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Velmi nízká viskozita vede ke zvýšenému opotřebení třecích prvků palivového systému, zadírání a podtékání u vstřikovacího čerpadla, což má za následek pokles přívodu paliva a následné snížení výkonu. Vyšší hodnota je také nežádoucí, dochází při ní k růstu hydraulických odporů filtrů a potrubí, klesá výkon čerpadla a ve spalovacím prostoru se tvoří nehomogenní směs, což má za následek nesprávné spalování, zvýšenou spotřebu a tvorbu sazí.

**Měrná hustota nafty** je významná, ovlivňuje správný chod motoru, protože cetanové číslo závisí na obsahu n-alkanů, které mají nejmenší hustotu ze všech uhlovodíků. Je důležité, aby hustota paliva byla optimální ( 800 - 890 kg.m<sup>-3</sup>), protože množství vstříknutého paliva do válce je měřeno objemově a při větší hustotě by se do válce dostávala větší hmota, motor by byl přeplněn, měl by nedostatek vzduchu a zvýšila by se kouřivost. Při nadměrně nízké hustotě dochází k předčasnému vstřiku a tvrdému chodu motoru.

**Průběh destilační křivky** není tak významný jako u benzinů. Destilační rozmezí 17° až 360°C je neoptimálnější, ale zvýšením konce destilace je možné zvýšit výkon a snížit spotřebu.

Palivový systém naftových motorů koroduje vlivem vyššího obsahu naftenových kyselin, ty také způsobují zakarbonování trysek a zvýšenou tvorbu úsad v motoru. Dříve byla kyselost upravena normou kde se udávalo číslo kyselosti, dnešní EN 590 však

kyselost již nestanovuje. Obsah síry v naftě je také důležitý, má značný vliv na celkovou životnost palivového systému, různých částí motoru i motorového oleje, protože sirné sloučeniny způsobují korozi. Rychloběžné motory jsou na korozi nejcitlivější. Obsah síry v naftě se stále snižuje, především z ekologického hlediska, problém je v tom, že se současně snižuje mazivost nafty a to má za následek větší opotřebení naftových čerpadel. Toto řeší aditiva, která se přidávají do motorové nafty a zlepšují její mazivostní vlastnosti.

V motorové naftě jsou uhlovodíky s velkými molekulami, jde hlavně o parafíny, které mají bod tání 0°C. Ty vypadávají v podobě krystalů při ochlazení, zanášejí palivové filtry a motor není možné nastartovat. K tomuto jevu dochází pouze při startování za nízkých teplot, krystaly se vlivem teploty motoru zanedlouho rozpustí a motor pak pracuje normálně. Toto je také důvod, proč se sleduje teplota vylučování parafínů, pak se na základě tohoto parametru dále posuzují nízkoteplotní vlastnosti nafty ve statických podmínkách, protože při nízké teplotě by mohlo docházet k ucpávání palivového potrubí.

Při skladování je třeba dbát na čistotu nádrží, především přítomnost vody je nežádoucí. „Obsah vody v motorové naftě se také limituje z důvodů omezení koroze, protože voda se s palivem může dostávat na lapované plochy vstřikovacího čerpadla a iniciovat jejich rezivění. Nadměrný obsah vody (stejně jako vysoký obsah mechanických nečistot) pak může způsobit zvýšené opotřebení třecích součástí palivového systému motoru a snižovat funkčnost trysek. .... vstřikovací čerpadla jsou značně citlivá na zadírací nečistoty .... jsou kritické především tvrdé mechanické nečistoty o velikosti 5 až 10 mikrometrů a během jízdy vozidla tak dochází k dlouhodobé dispergaci nečistot v palivové nádrži, zejména prachových. Protože ani současné výkonné filtrační soustavy palivového ústrojí moderních automobilů nejsou koncipovány na plnou filtraci paliva od všech nečistot, dochází při jejich zvýšeném výskytu v palivu pak často k přisuzování poruch v palivové soustavě na vrub snížené mazivosti nafty.“ [2]

**Motorová nafta musí splňovat tyto požadavky** - včasný a pravidelný přívod správného množství paliva do válce, dokonalé rozptýlení a vypaření paliva, malé zpoždění zážehu a normální spalování, provoz bez tvorby úsad v palivovém systému, dobrá stabilita a nekorozivnost nafty i jejích spalin.

## 4 Alternativní paliva

Ve 2. polovině 20. století ropa ovládla trh s palivy a v současnosti jsou nejpoužívanější pohonné hmoty benzin a nafta. Dnes již víme, že spalování ropy je neekonomické, ta totiž bude jednou chybět například chemickému průmyslu, který je na ní plně závislý. To je jeden z důvodů proč se hledají nová (i staronová) alternativní paliva, která by klasická paliva nahradila a snížila tím spotřebu ropy.

Dalším z důvodů používání alternativních paliv je snížení emisí  $\text{CO}_2$  v ovzduší, které vznikají spalováním fosilních nosičů jako je dřevo, uhlí, plyn a minerální oleje. Mnoho politiků a vědců omezení podílu  $\text{CO}_2$  způsobeného lidskou činností vidí, jako důležitý cíl ochrany životního prostředí. Bohužel celkový obsah emisí  $\text{CO}_2$  je jen omezeně měnitelný.

Hledání a podpora alternativních paliv patří k významným bodům politiky Evropské unie. „Podle návrhu směrnice Evropské komise by měla být ve státech Evropské unie paliva vyráběná z ropy postupně nahrazována biopalivy, NG a vodíkem tak, aby podíl na celkové spotřebě motorových paliv byl v roce 2020 následující: 10% NG, 8% biopaliva, 5% vodík.“ [2]

### 4.1 Plynová paliva

Plyn se jako palivo do silničních vozidel používá již několik desetiletí. Dnes je na celém světě poháněno plynem přes 2 miliardy vozidel a k dispozici mají přes 3 000 čerpacích stanic.

Výhodou těchto paliv je, že umožňují lepší promísení a snadnější dodržení směšovacího poměru se vzduchem a tím i menší obsah škodlivin ve výfukových plynech, příprava směsi je tudíž u těchto paliv jednodušší než u kapalných. Při jejich používání nedochází ke smývání olejového filmu ze stěn válce ani k ředění oleje v klikové skříni. Oproti kapalným palivům mají lepší antidetonační vlastnosti a nevytvářejí karbonové úsady ve spalovacím prostoru.

Mezi nevýhody, které brání masivnímu rozšíření, je jejich distribuce, problematické skladování a malá energetická hustota, která vyžaduje velký zastavěný objem pro umístění zásobníků paliva při použití ve vozidle, což má negativní vliv na užité vlastnosti vozidla.



#### 4.1.1 LPG (propan-butan)

Je bezbarvá, specificky zapáchající, velmi těkává hořlavina, která se uchovává v tlakových láhvích a při vypuštění do prostoru nastává vypařování varem při teplotě až  $-40^{\circ}\text{C}$ .

LPG (Liquified Petroleum Gas) je vlastně zkapalněný propan-butan. Propan a butan jsou uhlovodíkové plyny (s převážně 3 až 4 uhlíky na molekulu) s minimálním množstvím nečistot, které vznikají jako vedlejší produkt při rafinaci ropy a těžbě zemního plynu. Zkapalnění směsi propan-butanu se provádí poměrně malým tlakem, při  $20^{\circ}\text{C}$  zkapalní propan při tlaku  $0,85\text{MPa}$  a butan při  $0,23\text{MPa}$ . Přechod mezi oběmi skupenstvími je velice snadný, což je v praxi výhodné, protože při přechodu z plynného do kapalného skupenství zaujímá  $1/260$  svého plynného objemu.

Rozvoj tohoto paliva nastává v okamžiku tlaku na ekologizaci životního prostředí. V dnešní době toto ekologicky čisté palivo využívá asi 5 milionů motoristů na celém světě. Patří v současnosti mezi nejvíce využívaný plyn v dopravě, vzhledem k tomu, že se jedná o levné a z ekologického hlediska příznivé palivo. Má vysoké oktanové číslo a nejsou tudíž potřeba další aditiva. V naší republice je dnes v provozu více jak 580 čerpacích stanic LPG, z toho je zhruba  $2/3$  stanic kombinovaných. Doba plnění nádrže je srovnatelná s klasickým tankováním.

**Výhody**, provozu LPG - čisté výfukové plyny, delší životnost mazacího oleje a motoru, tišší chod motoru, delší dojezd vozidla, poloviční cena oproti klasickému palivu.

**Nevýhody** - menší výkon o 5%, vstupní investice na pořízení, zmenšení zavazadlového prostoru, omezený vjezd do některých míst.

#### 4.1.2 Zemní plyn CNG a LNG

Je směs plynných uhlovodíků a nehořlavých složek (dusíku a oxidu uhličitého). Skládá se „asi z 85 % metanu ( $\text{CH}_4$  - jednoduchý uhlovodík bez barvy a zápachu, hořlavý, se vzduchem vybuchující plyn, vyskytující se často v přírodě, i jako bahenní či důlní plyn), z 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků.“ [2]

Při zpracování zemního plynu se nejdříve odstraní pevné částice (písek atd.), následně pak musí být odstraněny především vyšší uhlovodíky, které by mohly v systému kondenzovat. Pokud je třeba odstraňují se i inertní (oxid uhličitý a dusík), v každém případě sirovodík, případně další sirné sloučeniny. Zpracovaný plyn se plní

do tlakových láhví, které jsou buď ocelové (tlak 20MPa) nebo kompozitové (lehčí, tlak 35MPa).

CNG (Compressed Natural Gas) je stlačený zemní plyn, který bývá v zásobníku vozidla stlačen až na tlak 20MPa, jeho objem se tak zmenší v poměru 200:1.

LNG (Liquified Natural Gas) je zkapalněný zemní plyn. Pro zkapalnění je ovšem potřeba teplota  $-162^{\circ}\text{C}$ . Výchozí objem se tak zmenší zhruba šestsetkrát. „Hustota LNG je  $0,4 - 0,42 \text{ kg/m}^3$ . 1 kg LNG má výhřevnost 54,8 MJ, Zápalná teplota LNG je  $540^{\circ}\text{C}$ . 1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu a litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty.“ [2]

„V r.1807 sestrojil švýcarský vojenský vysloužilce, major Isaac de Rivaz, na principu Voltovi pistole provozuschopný vůz poháněný jednoválcovým plynovým motorem na svítiplyn s elektrickým zapalováním směsí. Jako válec motoru posloužila dělová hlaveň, ve které se pohyboval píst s připevněnou ozubenou tyčí. Tyč roztáčela ozubené kolo, jehož otáčky se přenášely na kola vozu. Francouzská vláda udělila Rivazovi 30. 1. 1807 patent na první výbušný motor světa.“ [2]

**Ekologické výhody** plynou především z chemického složení plynu, ten je složen převážně z metanu. Motory spalující NG produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým palivem. Minimum emisí pevných částic, které mají karcinogenní účinky. Kouřivost je prakticky eliminována. Snížení emisí  $\text{CO}_2$ , aldehydů, nemetanových, polyaromatických a aromatických uhlovodíků. Při tankování nevznikají ztráty paliva odpařováním. Není možná kontaminace půdy v důsledku úniku.

**Ekonomická výhodnost** – 2x až 3x nižší náklady na pohonné hmoty.

**Provozní výhody** – lepší příprava směsi zemního plynu se vzduchem, kterého může být i více. Nedochází k zakarbonování vnitřních částí motoru, z toho plyne vyšší životnost motoru a oleje.

**Bezpečnost** – zemní plyn je lehčí než vzduch. Jeho zápalná teplota je zhruba dvojnásobná oproti benzínu. Plynové nádrže jsou vyrobeny z oceli, hliníku nebo kompozitu.

**Jednoduchost** – zemní plyn je přepravován k uživateli již vybudovanými plynovody, což vede ke snížení počtu cisteren na silnicích. Lepší perspektiva nežli produkty z ropy, vzhledem k daleko větším zásobám.

**Nevýhody paliv NG** – zmenšení zavazadlového prostoru, snížení výkonu motoru, přísná bezpečnostní opatření, poměrně malá dojezdová vzdálenost vzhledem k velikosti nádrže (200 až 300km).

**Nevýhody LNG** – uchovává se za velmi nízkých teplot, odpar z nádrže při delší odstávce, složitější a nákladnější oproti CNG, jiná technologie tankování a s tím spojená rizika, vyšší náklady na přestavbu.

Motory na zemní plyn se většinou nevyrábějí jako motory speciální konstrukce. Potřebné úpravy se provádí na sériově vyráběných dieselových nebo benzínových motorech, které jsou dovybaveny plynovým palivovým příslušenstvím. Mohou být přepřínované i nepřepřínované buď se vznětovým pracovním oběhem (palivová směs ve válci se zapaluje dávkou nafty), nebo se zážehovým pracovním oběhem (elektrické zapalování).

S přestavbou na zemní plyn u osobních automobilů nejsou v ČR velké zkušenosti. Zahraniční odborníci tvrdí, že i přes výhody NG se přestavby nevyplatí z administrativních důvodů, dále dochází ke ztrátě záruky, náklady na přestavbu jsou vysoké a z důvodu instalace zásobníku, dochází ke zmenšení zavazadlového prostoru. Odborníci preferují automobil na dvojitý pohonnou hmotu připravený již od výrobce.

**Použití NG jako pohonné hmoty je možno na základě těchto variant :**

- **individuální přestavba** – všechny automobily přestavované individuálně musí projít kontrolou plynové zástavby a splnění emisních limitů.
- **Typové (hromadné přestavby) – homologace** – na plynový pohon lze přestavět automobil v rámci povolení k hromadným přestavbám příslušného typu vozidla. Toto povolení vydává Ministerstvo dopravy a spojů.
- **Sériově vyráběné automobily na plyn** – technicky nejlepší varianta. Výrobce je schopen eliminovat některé nevýhody spojené s využíváním plynu např. umístění plynových nádrží. „K nejprodávanějším modelům CNG vozidel patří Fiat Multipla Biopower, Fiat Ducatá, VW Golf V Lupo, Volvo V70, Volvo S80, Opel Zafira 1.6 CNG, Opel Astra Karavan 1.6 CNG, Focus Futura, Ford Transit.“ [2]

Dnes jezdí na zemní plyn více než 2,7 miliónu vozidel z toho 400 tisíc v Evropě a k dispozici je téměř 900 plnicích stanic.

## **4.2 Biopaliva**

Více jak sto let lidstvo využívá fosilní zdroje energie, proto se hledají alternativní **obnovitelné** zdroje, které by šetřily životní prostředí a hlavně by se získávaly z recentních zdrojů, např. biomasy, bioplynu, využíváním sluneční, větrné a spádové vodní energie. Olejniny patří mezi jeden ze zdrojů, ze kterého lze vyrobit kapalné

palivo pro vznětové motory. V našich podmínkách se jeví jako nejlukrativnější řepka olejná, která má velmi příznivou energetickou bilanci. V případě, že se vezmou v úvahu i vedlejší produkty při jejím zpracování (sláma, glycerin apod.), je energetický zisk 6x vyšší než energetický vstup.

Alkohol, nebo rostlinné oleje jsou biopaliva, které lze získat z biomasy. Biomasa má jedinečné postavení mezi recentními zdroji energie, protože na rozdíl od ostatních zdrojů představuje akumulovanou sluneční energii. I když nemůže nahradit klasické fosilní zdroje, odhady říkají, že by bylo možné, tímto zdrojem pokrýt v ČR 15 – 20% spotřeby všech paliv.

Výroba alkoholů z biomasy pro technické účely je známá již od třicátých let 20. století, kdy se alkohol užíval jako motorové palivo pod názvem Dynalkol. V období 2. světové války se velmi často používal bioplyn a dřevoplyn.

**Dle obsahu vody můžeme rozdělit biomasu :**

- **suchá** – dřevo, dřevní odpady, sláma aj. Lze spalovat přímo.
- **mokrá** – tekuté odpady – kejda aj. Využívá se v bioplynových technologiích.
- **Speciální biomasa** – olejiny, škrobové a cukernaté plodiny. Lze z nich speciálními technologiemi vyrobit bionaftu nebo líh.

U kapalných biopaliv je výhodou, že pokud dojde ke kontaminaci půdy, jsou snadno odbouratelná půdními mikroorganismy.

**Energetické rostliny** – rychlerostoucí dřeviny a rostliny bylinného charakteru. Byliny mají několik výhod, např. snadnější výsev, krátké vegetační období, možnost rychlé změny druhu aj.

#### **4.2.1 Bionafta 1. a 2 generace, MEŘO**

Spalování řepkového oleje v běžném naftovém motoru není možné, motor se musí buď přestavět na duotermický tzv. Elsbethův, nebo je nutné přepracovat řepkový olej na metylester (MEŘO).

**MEŘO** značí MethylEster Řepkového Oleje a jde o produkt vznikající při reakci řepkového oleje s metanolem. Výrobní proces se skládá z lisování oleje, filtrování a následné reakce oleje, metanolu a katalyzátoru, výsledkem je metylester a glycerin (tato reakce se odborně označuje jako esterifikace).

**Základní složky výrobního procesu jsou:**

„**Transesterifikace** – hlavní reakce, kdy spolu chemicky reagují řepkový olej s alkoholem za vzniku esteru a glycerolu. Používaným alkoholem je, jak již z názvu

esteru vyplývá, metanol. Hlavním důvodem jeho použití jsou příznivé vlastnosti získaného MEŘO (hustota, viskozita, palivářské vlastnosti). Rovněž lze použít etanol, ale jeho výrobní cena je mnohem vyšší než metanolu.

**Neutralizace** – důsledek nevyhnutelné vedlejší reakce mastné kyseliny a katalyzátoru (nejčastěji hydroxid draselný nebo sodný) za vzniku mýdla a vody.

**Zmýdelnění** – nežádoucí vedlejší reakce opět mastné kyseliny katalyzátoru.“ [2]

**Složení MEŘO :**

- asi 98% metylesterů mastných kyselin řepkového oleje
- do 1% směsi mono-, di- a triglyceridů
- do 0,3% volných mastných kyselin
- do 0,3% metanolu
- do 0,02% volného glycerolu

*zbytek tvoří nezmýdelnitelné látky*

**Bionafta 1. generace** = 100% MEŘO. Používá se např. v Rakousku a Německu. V ČR se nepoužívá.

**Bionafta 2. generace – směsná nafta** = 31% MEŘO a zbytek klasická motorová nafta. Jde o směsné palivo metylesteru s dvěmi složkami. První složkou jsou lehké nebo těžké alky. Druhou pak tzv. střední sirný destilát.

**Výhody** bionafty 2. generace - výhodná cena díky 9% DPH, až o 50% nižší kouřivost, příznivé složení emisí, velmi dobrá odbouratelnost (z 90% za 21 dní), dobré zimní starty, velmi dobrá maznost.

**Nevýhody** - poškozuje pryžové součástky, více než 10% MEŘO má za následek možnost kontaminace paliva bakteriemi, tvorba úsad ve spalovacím prostoru (karbon na špičce vstřikovače), zvýšení spotřeby paliva, zvýšení korozivních účinků, mění se složení emisí, dochází k ředění oleje (nutnost snížení intervalu výměny).

#### 4.2.2 Bioetanol (ethylalkohol)

Etanol se v přírodě vyskytuje jen sporadicky a jeho používání, oproti metanolu, není toxické. Má obdobné vlastnosti jako paliva konvenční. Používá se jako náhrada benzínu a patří mezi jedno z nejstarších alternativních paliv. Při použití v motorech se však musí přidávat mazací aditiva.

Jeho použití u zážehových motorů vyžaduje minimální konstrukční úpravy. Má menší výhřevnost, proto je nutné zvýšit dodávku paliva do motoru, aby odpovídala směšovacímu poměru. Směs ethylalkoholu se vzduchem má stechiometrický poměr

9,0:1. Dále je nutno provést úpravy pro zmenšení korozních vlivů na komponenty palivového systému a motoru.

Motory vznětové se pro použití tohoto paliva musí přestavět na motory zážehové, nebo se musí provést taková úprava paliva, aby vyhovovalo tomuto typu motoru. Musí se řešit nízká vznětlivost alkoholů a nízké mazací schopnosti ve vztahu ke vstřikovacímu čerpadlu a tryskám. Toto vše řeší přísady na bázi organických dusičnanů a dusitanů.

Pro výrobu etanolu i metanolu lze použít např. obilí, brambory, kukuřici, cukrovou třtinu, cukrovou řepu, ovoce aj. Proces výroby alkoholu se nazývá fermentace a probíhá na cukerných roztocích. Cukry se dají vyrobit i ze zeleniny a celulózy (dřeva). Vzniklá kaše po 30 hodinách fermentace obsahuje zhruba 6 až 10 % alkoholu, který se po destilaci může použít jako kapalné palivo ve spalovacích motorech. Při tomto procesu se použitá surovina nemění celá na biopalivo, vznikají také vedlejší produkty, které lze použít jako bílkovinová krmiva. Bohužel celý proces fermentace z celulózy vede k malému výtěžku při relativně vysokých nákladech.

Dnes je zřejmé, že etanol nemůže plně nahradit klasické paliva, může však přispět k nahrazení části ropy a ozdravení životního prostředí.

**Výhody** - je dokonaleji spalován, zaručuje vyšší výkon a otáčky motoru, nižší emise ve spalínách, sociální a ekonomické výhody (pracovní místa v zemědělství, zlepšení příjmů slabších vrstev podílejících se na pěstování).

**Nevýhody** - způsobuje rychlejší korozi materiálů, má detergentní účinky (odmašťuje), napadá plastické hmoty, výpary mají vliv na řidiče (hlavně při tankování), vyšší zápalná teplota ( tudíž horší zimní starty), vyšší spotřeba.

### 4.2.3 Biometanol

Ve světě je již dlouho známá výroba metanolu ze dřeva. Často vystupoval jen jako vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí, a to s velmi malým výtěžkem. Dnes, když dřevěné uhlí postupně ztratilo na významu, se stal metanol důležitým palivem pro motorová vozidla. Největší produkce metanolu připadá na Brazílii, USA a Švédsko. Tato čistá kapalina bez zápachu je pro člověka jedovatá a v přírodě se vyskytuje jen výjimečně. Vyznačuje se svou univerzálností a často se používá jako výchozí surovina v chemických procesech.

Lze ho vyrobit z biomasy, ale i z vybraných fosilních paliv (zemní plyn, uhlí). Cena při výrobě z biomasy je 2x vyšší než cena výroby ze zemního plynu. Z jedné tuny

suché biomasy lze vyrobit 700 litrů metanolu. Výhodou je, že neobsahuje síru a je možno ho převést na vysoce oktanové palivo při relativně malých nákladech. Zajímavostí je, že z metanolu lze s energetickou ztrátou vyrobit i benzin.

Metanol lze použít jako palivo v čisté formě nebo jako směs. Motory, které spalují metanol se výkonem a charakteristikami podobají benzinovým. Protože cetanové číslo metanolu je nízké, musí se vznětové motory pro spalování tohoto paliva doplnit pomocným zapalovacím systémem. Pokud se však vytvoří směs s několika procenty nafty, použití zapalovacího systému není nutné.

**Výhody** biometanolu - vyšší oktanové číslo než benzin (105, tudíž lepší účinnost motoru), vysoká energetická hustota (vyšší účinnost spalování, méně škodlivin), méně prchavý (menší riziko při manipulaci oproti benzínu), nízká teplota hoření (případný požár lze uhasit vodou).

**Nevýhody** - toxicita metanolu při vdechnutí i potřísnění, způsobuje rychlejší korozi, působí na plasty, detergentní účinek, neviditelný plamen, problémy se startem v zimě (palivo se musí předehřívát), formaldehydový zápach po startu (cca 2 min.).

### 4.3 Vodík

Je možné ho použít buď přímo jako palivo, nebo jako zdroj elektrické energie v palivovém článku. Vyrábí se elektrolýzou vody a je nejčistším současným palivem. Problémy s bezpečností u přímého spalování vodíku jsou hlavním důvodem proč se současný vývoj orientuje spíše na palivové články, ve kterých je vodík použit k výrobě elektrické energie.

V klasických motorech se spaluje vodík (stlačený nebo zkapalněný) podobně jako běžné pohonné hmoty. Při spalování vzniká jen voda a malé množství kyslíčků dusíku. I přesto, že spalování je bez škodlivých emisí, je pro malou účinnost neperspektivní. Navíc má dvě podstatné nevýhody, výroba vodíku je drahá a směs vodíku se vzduchem je silně výbušná.

Druhý systém, který je perspektivnější, využívá palivové články jako zdroj elektrické energie pro palubní síť. Pohonnou jednotkou je zde elektromotor, který je napájen z těchto článků na rozdíl od elektromobilů poháněnými akumulátory. Palivový článek zde přebírá funkci konvenčního akumulátoru, má účinnost téměř 50%, výkon 5 kW a je neustále v provozu.

I když se na výzkum palivových článků vynakládají nemalé peníze, není bezprostřední rozšíření těchto článků jisté. V jejich neprospěch mluví vysoká cena, velký objem a hmotnost.

#### 4.4 Elektrická vozidla

Tato vozidla neprodukují prakticky žádné škodlivé emise, mají nízkou hladinu hluku, příznivé výkonové charakteristiky, ale také menší jízdní výkon, omezený dojezd, vyšší cenu a jsou nebezpečnější při havárii.

Díky svým vlastnostem se používají všude tam, kde jsou nežádoucí výfukové emise a hluk, což jsou letiště, nádraží, pěší zóny apod. Trolejbusy, které se používají v některých městech, jsou vlastně elektromotory s trolejovým přívodem proudu.

##### **V praxi se nejčastěji používají typy elektromotorů :**

**Stejnoseměrný motor s cizím buzením** – má zvláště výhodné tahové charakteristiky, jednoduchou regulaci otáček v širokém rozsahu a kontinuální přechod z jízdy na brzdění. Používá se u vozidel, kde jsou napájeny přímo z baterie. Je silně přetížitelný po dobu 1 hod. až o 20%, krátkodobě až 100%. Dosahuje 7 tis. ot./min.

**Stejnoseměrný motor bez kartáčů** – stavba je podobná permanentně buzenému motoru, v porovnání s ním, změnil rotor a stator své místo. Vinutí se nalézá ve vnějším statoru, kde jsou jinak permanentní magnety a ty jsou naopak v rotoru. Výhodou je, že motor nemá žádné elektrické rotující součásti a regulace je jednoduchá a dokonalá v celém rozsahu otáček.

**Asynchronní motor** – výhoda třífázového asynchronního motoru spočívá v tom, že odpadá vinutí kotvy a kolektor. Stejnoseměrný proud akumulátoru je nutno přeměnit na střídavý. Asynchronní motor je oproti stejnosměrnému menší a lehčí. Je jednodušší konstrukce, bezúdržbový a silně přetížitelný. Dosahuje až 20 tis. ot./min.

**Transversální motor** – proud je přiváděn v obvodovém směru do rotoru a magnetický tok statoru není kolmý k ose rotoru, ale paralelní. Výhodou je technická dokonalost, kompaktnost, robustnost a vysoká účinnost, na druhou stranu má nákladné řízení a tím se zvyšuje cena. Dosahuje 15 tis. ot./min.

**Řízený reluktanční motor** – pracuje na principu reluktančního krokového motoru. Ačkoliv ho lze jednoduše a levně vyrobit, byl v minulosti málo využíván, pro nerovnoměrnost točivého momentu. Tuto nevýhodu lze řešit odpovídajícím řízením. Výhodou tohoto motoru je vysoký točivý moment v nízkých otáčkách, robustní konstrukce, malé náklady na údržbu, stabilní běh při výpadku ostatních fází, vysoká



účinnost a výhodná cena. Mezi nevýhody patří nerovnoměrnost točivého momentu a vyšší hluk.

**Trakční baterie** jsou centrálním komponentem elektropohonu. Jejich výkonová hustota, určuje konečnou rychlost a zrychlení vozidla, zatím co energetická hustota určuje dojezd.

Používají se tyto druhy baterií - olověné akumulátory, baterie nikl-kadmiové, baterie nikl-metalhydridové, baterie lithium-iontové a baterie vysokoteplotní.

Na trakční baterie se kladou požadavky rychlého nabíjení, bezúdržbovost, životnost 5 až 10 let, cena maximálně 150 Eur/kWh, energetická hustota minimálně 200 Wh/kg a hustota výkonu cca 100 W/kg.

## 4.5 Hybridní pohon

Pod tímto pojmem se rozumí pohon vozidla, na kterém se podílí více než jedna hnací jednotka, bez ohledu na to, jaké druhy energie využívají. V dnešní době přichází zatím v úvahu pouze kombinace spalovacího motoru s elektromotorem a dvěma zásobníky energie, tedy palivovou nádrží a elektrickými akumulátory.

Nejjednodušší formou hybridního motoru je tzv. **micro-hybrid**, doplněný o jednotku startér/generátor, která umožňuje funkci Start and Go. Tento hybrid funguje tak, že při zastavení vypíná motor a následně ho spouští při rozjezdu. Snížení spotřeby a tím i množství CO<sub>2</sub> se v tomto případě pohybuje kolem 6%.

Vyspělejší formou hybridního pohonu je tzv. **mild-hybrid**, ten jako podporu spalovacího motoru využívá elektromotor, který je umístěný mezi motorem a převodovkou. Elektromotor pak pracuje jako pomocný agregát, nebo jako generátor, který využívá k dobíjení akumulátorů energii vznikající při brzdění (rekuperace). Vzhledem k malému výkonu elektromotoru však vozidlo nedokáže jet čistě na elektrický pohon. Úspora paliva je ve městě zhruba 38% a mimo město pak 23%.

Poslední nejvyspělejší forma hybridního pohonu je tzv. **full-hybrid**, u kterého je spalovací motor podporován relativně silným elektromotorem. Ten kinetickou energii vznikající při brzdění mění na elektrickou a dobíjí tak akumulátory. U tohoto hybridu již elektromotor zvládne samostatný pohon auta, bohužel však pouze na krátké vzdálenosti, vše je omezeno kapacitou baterií. Hlavní pohonnou jednotkou tak zůstává spalovací motor, kterému elektromotor pomáhá při potřebě vyššího výkonu.

Hybridů je zatím stále málo, skutečností je, že jsou příliš drahé, což brání jejich rozsáhlejšímu využití. Předpokládá se, že do 5 let bude na trhu 50 různých hybridů.

## 5 Porovnání investičních a provozních nákladů vybraných alternativních paliv s palivy klasickými

Tato kapitola porovnává investiční a provozní náklady LPG, CNG s palivy klasickými, což je benzin a motorová nafta. Pro příklad byl vybrán automobil Fiat Multipla, který se vyrábí ve verzi benzin, nafta, CNG. Tento vůz s pohonem LPG výrobce bohužel nedodává, proto bude pro hodnocení nutno vycházet z ceny přestavby na sekvenční vstřikování LPG, kterou jsme zjistili u firmy Wapos s.r.o. a činí 32 tis. Kč. Z praxe je dále známo, že spotřeba pohonu LPG je zhruba o 15% vyšší.

Objektivní srovnání s jiným alternativním pohonem např. hybridním či elektrickým, prozatím není možné, vzhledem k tomu, že vybrané vozidlo FIAT se dá zakoupit pouze v uvedených variantách a dodatečná přestavba na jinou variantu kromě LPG a CNG není technicky možná. U ostatních výrobců automobilů je to podobné, nikdo bohužel nenabízí vůz ve všech výše zmíněných variantách pohonu, včetně hybridního. Pro porovnání investičních a provozních nákladů vybraných pohonů s pohonem hybridním by tedy bylo nutné vybrat automobil jiné značky např. Toyota Prius. Vzhledem k tomu, že by se jednalo o typově odlišný vůz, v jiné hodnotě, s rozdílnou výbavou a s celkově jinými užitnými vlastnostmi, nebylo by, jak již bylo zmíněno výše, hodnocení objektivní. Z tohoto důvodu je srovnání omezeno pouze na pohony benzin, diesel, CNG, LPG, kterým výrobci věnují prozatím nejvyšší pozornost.

### 5.1 Porovnání investičních nákladů při nákupu vozidla

Při porovnání investičních nákladů na nákup nového vozidla FIAT budeme vycházet z cen základní verze ACTIVE, které jsme zjistili na webových stránkách [www.fiat.cz](http://www.fiat.cz). Za základní model byl vybrán 1,6 16V benzin, jehož pořizovací cena je nejnižší. V tabulce č.1 jsou vyobrazeny pořizovací ceny automobilů s daným pohonem, jejich průměrná spotřeba a rozdíl ceny těchto vozů oproti vybranému základu.

Tab. 1: Náklady na nákup automobilu Fiat Multipla dle druhu pohonu.

Model (pohon)	Pořizovací cena v tis. Kč	Průměrná spotřeba l/100km	Rozdíl ceny v tis. Kč proti základu
1,6 16V benzin	385	8,6	
1,6 16V CNG	493	9,1	+ 108
1,6 16V LPG	385 + 32 přestavba	9,9	+ 32
1,9 Multiget diesel	452	6,5	+ 67

Zdroj: autor

Z tabulky č.1 je zřejmé, že nejvyšší pořizovací cena vzhledem ke složitosti celého systému připadá na pohon CNG. Cena je takto vysoká, protože se jedná o originální zástavbu přímo od výrobce, lze ji však snížit zakoupením benzinového automobilu s následnou přestavbou na CNG jinou firmou, cena přestavby se tak sníží zhruba na 1/2 nákladů originální úpravy od výrobce a je tak schopna konkurovat investičním nákladům na pohon diesel. Nejlevněji však vychází přestavba na pohon LPG, jejíž cena je zhruba poloviční vzhledem k předchozím pohonům.

Vůz Multipla 1,6 16V s pohonem CNG také testovala redakce Světa motorů a její praktické zkušenosti jsou shrnuty v příloze č. 1.

## 5.2 Výpočet provozních nákladů a návratnosti investic

Při nákupu automobilu, je třeba brát v úvahu hlavně počet kilometrů najetých ročně a dobu používání vozidla. Z těchto parametrů pak lze následně zjistit, zda se nákup vozidla s daným pohonem finančně vyplatí, či ne.

Pro výpočet návratnosti vložených investic, budeme uvažovat ceny paliv v aktuálním období (02/2009), které jsou:

*NATURAL95 – 25,40 Kč/l, nafta – 25,00 Kč/l, LPG – 12,50 Kč/l, CNG – 16,20 Kč/l*

Tab. 2: Náklady na spotřebu vybraných alternativních a klasických paliv

Palivo	Cena Kč/l	Spotřeba l/100km	Kč/1km	Kč/100km
Natural95	25,4	8,6	2,18	218
CNG	16,2	9,1	1,47	147
LPG	12,5	9,9	1,24	124
Diesel (nafta)	25,0	6,5	1,63	163
Ušetřené Kč na 1km a 100km - CNG			0,71	71
Úspora nákladů u pohonu CNG v %				33%
Ušetřené Kč na 1km a 100km - LPG			0,94	94
Úspora nákladů u pohonu LPG v%				43%
Ušetřené Kč na 1km a 100km - Diesel			0,55	55
Úspora nákladů u pohonu diesel v %				25%

Zdroj: autor

Z tabulky č. 2 je vidět, že nejvyšší úsporu přináší alternativní palivo LPG, jeho úspora oproti benzínu je zhruba 43%. Úspora u CNG je 33%, u nafty pak 25% oproti benzinovému pohonu.

Jednoduchým výpočtem je možno dále z tabulek č.1 a č.2 zjistit, návratnost investice daného typu pohonu.

**Návratnost investice** = *cena investice/ ušetřené Kč na 1km*

Tab. 3: Návratnost investice CNG, LPG, Diesel

Palivo	Cena investice v tis. Kč	Ušetřené Kč/km	Návratnost po ujetí km
CNG	108	0,71	152113
LPG	32	0,94	34043
Diesel	67	0,55	121818

Zdroj: autor

Z tabulky č. 3 je zřejmé, že stejně jako úspora, je i **návratnost investice u LPG nejrychlejší**. Po ujetí zhruba 35 tis. km je investice zpět a majitel automobilu opravdu začíná šetřit. Pořízení vozidla s tímto pohonem, jakož i jeho provoz je v současné době nejvýhodnější variantou.

Jak již bylo zmíněno, pokud by se vozidlo s pohonem CNG nechalo upravit dodatečně u jiné firmy, investiční náklady přestavby by se snížily na polovinu, v tom případě by doba návratnosti investice byla jen cca 75tis. km, ale i tak by byla dvojnásobná ve srovnání s LPG. Toto palivo se jeví z hlediska provozu jako výhodné, bohužel výše investice, je v našem případě velmi vysoká, je tedy nutno najet velký počet kilometrů, aby se začalo vyplácet. Jeho další velkou nevýhodou, která mluví proti němu, je síť čerpacích stanic, kterých je velmi málo. Tento pohon bude výhodné použít například v městské dopravě, kde vozidlo najede mnoho kilometrů, a síť čerpacích stanic v tomto případě není problémem. Pro běžný provoz je však tento pohon prozatím méně vhodný.

Při porovnání nákladů velmi špatně dopadlo v obou případech vozidlo vybavené dieslovým motorem. Jeho úspornost oproti benzinovému motoru je pouze 25%. Z toho plyne, že vzhledem k výši nutné investice a nízké úspornosti provozu je nutné najet velký počet kilometrů, aby se investice začala vyplácet. Z tohoto důvodu je tento pohon výhodný ve vozech, kde se plánuje ujetí velkého počtu kilometrů v co nejkratší době. Pro běžného uživatele se toto palivo vzhledem k ostatním nákladům a poruchovosti jeví jako nevýhodné i když všeobecný názor je zcela opačný. Výhodné však začíná být v okamžiku nákupu ojetého vozu, kde je finanční rozdíl mezi pohonem benzinovým a naftovým minimální.

### 5.3 Vliv vybraných alternativních paliv na životní prostředí, jejich výhody a nevýhody

Vozidla poháněná spalovacími motory jsou významnými zdroji látek znečišťujících životní ovzduší. Ve spotřebě prozatím převládají především paliva uhlovodíková, nafta a benzin, jejichž spálením vzniká obrovské množství oxidu uhličitého, který má hlavní podíl na intenzifikaci tzv. skleníkového efektu. Spálením jedné tuny uhlovodíkového paliva vzniknou přibližně tři tuny  $\text{CO}_2$  a v malém množství celá řada látek, z nichž některé jsou toxické pro vše živé na naší planetě. Tyto emise jsou limitovány právními předpisy a jejich přípustné hodnoty jsou neustále plánovitě snižovány. Následkem je stálý vývoj konstrukce motorů a vývoj složení paliv.

Alternativní paliva LPG, CNG, LNG mají z hlediska emisí několik výhod. Důležitá je absence kapalné fáze, ta má totiž za následek nedokonalé odpaření v průběhu tvorby směsi a při spalování je příčinou tvorby emisí, konkrétně CO, uhlovodíků a sazí. Mezi další výhody patří to, že neobsahují aromatické uhlovodíky, protože ty se špatně odpařují a spalování je nedokonalé, při tankování nemůže dojít ke kontaminaci půdy, mají lepší antidetonační vlastnosti než klasická paliva, snadněji se u nich dodržuje směšovací poměr.

V současnosti patří mezi nejrozšířenější palivo LPG, ať už z důvodů ekonomických či ekologických. Přestavba zážehového motoru na toto palivo je jednoduchá a trvá zhruba 1 den. Mezi výhody použití tohoto paliva patří čisté výfukové plyny, delší životnost oleje a motoru, tišší chod motoru a nezanedbatelná poloviční cena proti klasickým palivům. Nevýhody, jako je 5% snížení výkonu a zmenšení zavazadlového prostoru se dají řešit dodatečnými úpravami (přemístěním nádrže, sekvenční vstřík), zůstává tak jediná podstatná nevýhoda, kterou je omezený vjezd do některých míst, jako jsou např. podzemní garáže.

Mezi méně rozšířená paliva v ČR patří CNG a LNG. Vozidla s motory spalujícími NG produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým palivem, i přes tuto velkou výhodu bohužel nabízí prozatím malý komfort. Pohon CNG se začíná objevovat v některých typech automobilů, nevýhodou je však vysoká pořizovací cena, která dosahuje minimálně dvojnásobku investice do LPG, malá síť veřejných plnicích stanic (v ČR jen 17), velký zástavbový prostor a poměrně malá dojezdová vzdálenost.

Perspektivní se zdá být přestavba městských autobusů na pohon LNG, jelikož ty nejsou omezeny sítí čerpacích stanic, najezdí mnoho kilometrů (návratnost investice je rychlá) a vzhledem k vysoké čistotě výfukových plynů je toto ideální volba pro městský provoz. U těchto autobusů však musí být provedena přestavba vznětového motoru na

zážehový. Mezi nevýhody patří skladování LNG za velmi nízkých teplot, odpar z nádrže při delším stání, složitost a vyšší investice oproti CNG, technologie tankování a s tím spojená rizika.

Mnoho motoristů se obává o svou bezpečnost při havárii, což není v tomto případě na místě vzhledem k tomu, že NG je díky způsobu uskladnění a svým vlastnostem nejbezpečnějším palivem. Zemní plyn se rychle rozptýluje, má vysokou zápalnou teplotu, která je zhruba dvojnásobná oproti benzínu a je uchován v tlakových nádobách, které při havárii vydrží i náraz. V případě požáru dochází k postupnému vyhoření plynu díky tavné pojistce.

## 5.4 Předpokládaný vývoj využití alternativních paliv

V rámci národního programu snižování emisí ČR byla v červnu 2007 schválena novela zákona, která od roku 2009 osvobozuje ekologicky šetrná vozidla od silniční daně. „Nárok na snížení sazby daně se v novém zákoně odvozuje od stáří vozidla. Na 48% snížení sazby silniční daně budou mít nárok vozidla od jejichž první registrace neuplynulo 36 kalendářních měsíců, snížení sazby o 40 % se bude týkat vozidel po dobu následujících 36 měsíců a snížení sazby daně o 25 % se bude týkat vozidel po dobu dalších 36 měsíců. Snížení sazby daně se tak v závislosti na době od data první registrace dotkne v té či oné míře všech vozidel, od jejichž prvního zaregistrování neuplynulo 108 kalendářních měsíců, což je 9 let. Naopak zvýšení sazby daně o 25 % platí pro vozidla poprvé registrovaná do 31.12.1989.“[6]

Plán EU viz. tabulka č. 4 z roku 2001 počítá do roku 2020 s 20% náhradou benzínu a nafty alternativními palivy. Dle expertů EU v příštích 20 letech mají šanci nahradit z více než 5% spotřebu motorových paliv pouze tyto alternativní paliva :

- biopaliva, v současnosti již používaná
- zemní plyn ve střednědobém horizontu
- vodík a palivové články v dlouhodobém horizontu

Tab. 4: Scénář předpokládaného vývoje

Rok	Biopaliva (%)	Zemní plyn (%)	Vodík (%)	Celkem (%)
2005	2			2
2010	6	2		8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Zdroj : Dostupné na WWW: < <http://www.cng.cz/cs/presscentrum/FAQ/index.html> >

## 6 Závěr

Pokud se průměrný člověk zamyslí nad důvody zavádění alternativních paliv napadne ho jeden, maximálně dva. Bohužel jsou tři, jde o to, z jakého směru člověk na celou věc pohlíží.

Podívejme se na celou věc pohledem obyčejného člověka, který přemýšlí o použití alternativního paliva, pro toho je nejdůležitější ekonomická stránka, to znamená ušetřené peníze, ekologický efekt je pro něho většinou vedlejší a to, že ložiska fosilních paliv jsou omezená, jeho rozhodnutí vůbec neovlivní.

Druhý pohled, který většinu lidí napadne, je ekologický, spalování fosilních paliv nadměrně zatěžuje životní prostředí a tak je nutno přemýšlet o alternativních palivech, které budou k přírodě šetrnější. Bohužel dost lidí ekologicky neuvažuje, ať už proto, že jsou k tomuto problému lhostejní, nechtějí se omezovat a nebo nemají finanční prostředky, takových je asi nejvíce. Ekologie je bohužel drahá a na scénu tedy vstupuje zákon, který lidi „nutí“ k ekologickému chování.

Třetím pohledem, který si mnozí z nás nepřipouští je již zmíněná omezenost ložisek fosilních paliv. Dnes se to nejeví jako problém, mnozí o tom nepřemýšlí, ale je jen na nás, jak dlouho nám tyto zásoby vydrží.

K utříbení pohledu na danou věc by měla pomoci právě tato bakalářská práce. Jejím cílem bylo přiblížit čtenáři problematiku klasických a alternativních motorových paliv, aby měl dostatek indicií pro vytvoření správného názoru v této oblasti.

V úvodu práce se čtenář pro zajímavost dozvěděl něco z historie paliv a motorů. Větší část této kapitoly byla věnována vývoji prvního „motoru“, kterým byl parní stroj a jsou zde také zmíněni konstruktéři, kteří se nejvíce podíleli na jeho zdokonalení.

Další dvě kapitoly se zabývaly přímo jednotlivými palivy, ty zde byly rozděleny na klasická motorová paliva – benzin, nafta a na alternativní paliva – plynová (LPG, CNG, LNG), biopaliva (bionafta, bioetanol, biometanol) a speciální (vodík, elektrický a hybridní pohon). V těchto kapitolách se podařilo popsat výrobu jednotlivých paliv, vliv na činnost motoru, jejich výhody, nevýhody a požadavky na kvalitu při výrobě.

V analytické části práce byly porovnány investiční a provozní náklady u paliv benzin, nafta, LPG a CNG. Příkladem byl vybrán automobil Fiat Multipla, který se přímo vyrábí s pohonem benzin, nafta, CNG. Pro pohon LPG, vzhledem k tomu, že se sériově nevyrábí, bylo nutno nechat automobil fiktivně upravit u autorizované firmy. Analýza nám ukázala, jaká je návratnost investice při pořízení daného pohonu a jaké

jsou provozní náklady při použití těchto různých pohonů. Bylo zjištěno, že vzhledem k provozním nákladům a ceně vstupní investice se dnes jeví jako nejvýhodnější pohon LPG. Naopak u naftového pohonu, bylo s překvapením zjištěno, že není zdaleka tak výhodný jak se řada uživatelů domnívá. Hovoří proti němu především výše investice a vysoká cena nafty. Bylo také zjištěno, že CNG má velmi podobné provozní náklady jako LPG, bohužel výše vstupní investice je minimálně dvojnásobná a síť plnicích stanic je velmi řídká, což prozatím toto palivo řadí mezi méně používané.

Z ekonomické analýzy tedy vyplývá, že jednotlivec, který chce ušetřit a rozhoduje se mezi výše zmíněnými palivy pro pohon svého vozidla, musí brát v úvahu především počet kilometrů, který hodlá s daným vozidlem najet. Mohlo by se stát, že pokud by najel nízký počet km, vstupní investice by se nestihla vrátit a vybraný pohon by byl naopak ztrátový. Výpočtem byl tedy zjištěn počet km, po jehož ujetí dojde ke splacení vstupní investice. U pohonu LPG je to cca 34tis., u CNG cca 152tis. a u dieselu cca 122tis km, po ujetí této vzdálenosti je investice splacena a teprve pak začíná majitel daného vozidla skutečně šetřit. Úspora provozních nákladů je nejvyšší u pohonu LPG cca 43% u CNG cca 33% a nejnižší u dieselu cca 25%.

Je zřejmé, že ekonomicky nejvýhodnější ve všech směrech je tedy pohon LPG, který je zároveň šetrný i k životnímu prostředí. Mezi jeho další nesporné výhody patří tankování při nichž nedochází k únikům, neznečišťuje motor karbonovými usazeninami, delší životnost motorového oleje a tišší chod motoru.

V poslední kapitole se čtenář v souhrnu také dočetl o výhodách, nevýhodách vybraných paliv, o jejich vlivu na životní prostředí a o plánech EU v oblasti alternativních paliv do roku 2020.

Každý člověk by si měl po přečtení této práce uvědomit, že myslet pouze po ekonomické stránce, je v tomto případě dost nešťastné, i přesto, že tato práce staví ekonomii provozu na první místo, další jmenované důvody používání alternativních paliv, jako je ekologie a omezené zdroje fosilních paliv, jsou pro budoucnost lidstva o mnoho důležitější.



## Seznam použité literatury

1. MATĚJOVSKÝ, Vladimír: *Automobilová paliva*. Praha: Grada Publishing, 2005, 224 s. ISBN 80-247-0350-5
2. VLK, František: *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk nakladatelství a vydavatelství, 2006, 376 s. ISBN 80-239-6461-5
3. KAMEŠ, Josef: *Alternativní pohon automobilů*. Praha: Nakladatelství BEN - Technická literatura, 2004, 231 s. ISBN 80-7300-127-6
4. VLK František, *Alternativní pohony motorových vozidel*, Brno: Vlk František, 2004, 234 s. 80-239-1602-5
5. Marshall Cavendish ČR: *Svět poznání. Věda a technika*. Praha: Grafické závody, 1998, 48 s. ISSN 1211-9369
6. Informace ze světa LPG, [cit. 25. 1. 2009]. Dostupné na WWW:  
<[http://www.lpg.cz/napsali\\_o\\_lpg/nulova\\_dan.php](http://www.lpg.cz/napsali_o_lpg/nulova_dan.php)>

### Elektronické zdroje:

1. Encyklopedie Wikipedie, [cit. 25. 1. 2009]. Dostupné na WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Savery](http://cs.wikipedia.org/wiki/Thomas_Savery)>  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Newcomen](http://cs.wikipedia.org/wiki/Thomas_Newcomen)>  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/James\\_Watt](http://cs.wikipedia.org/wiki/James_Watt)>  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Rudolf\\_Diesel](http://cs.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel)>

## Seznam obrázků

- Obr. 1: *Dvoudobý „dvoutaktní“ parní motor.* Marshall Cavendish ČR: *Svět poznání. Věda a technika.* Praha: Grafické závody, 1998, s. 43. ISSN 1211-9369
- Obr. 2: *Destilační křivka motorového benzinu,* [cit. 25. 1. 2009]. Dostupné na WWW:  
< <http://www.gsxr.wz.cz/benzin.htm> >

## Seznam tabulek

Tab. 1: *Náklady na nákup automobilu Fiat Multipla dle druhu pohonu.* Zdroj: autor

Tab. 2: *Náklady na spotřebu vybraných alternativních a klasických paliv.* Zdroj: autor

Tab. 3: *Návratnost investice CNG, LPG, Diesel.* Zdroj: autor

Tab. 4: *Scénář předpokládaného vývoje,* [cit. 25. 1. 2009]. Zdroj: Dostupné na WWW:  
<<http://www.cng.cz/cs/presscentrum/FAQ/index.html>>

## Seznam příloh

Příloha č. 1: *Praktické zkušenosti - Fiat Multipla 1.6 16V CNG*. [cit. 25. 1. 2009].

Zdroj: Dostupné na WWW: <<http://www.cng.cz>>